

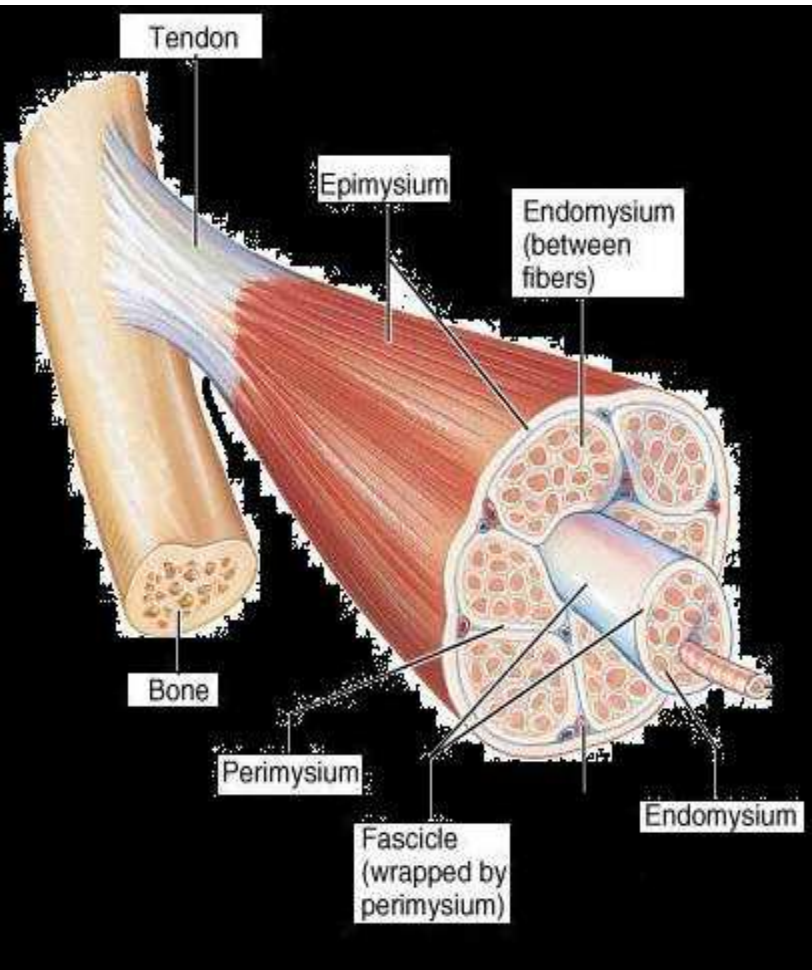
Παρουσίαση εργασίας στο μάθημα: *Εμβιομηχανική τεχνολογία*

- Δομή και λειτουργία σκελετικών μυών
- Χαρακτηριστικά τεχνητών μυών
 - Εφαρμογές
- Διάταξη

Χαρακτηριστικά σκελετικών μυών

- ▶ Ελέγχονται συνειδητά σε αντίθεση με τους λείους μύες (βρίσκονται σε τοιχώματα αγγείων, δέρμα, κτλ...)
- ▶ Βιολογικός ιστός με την ικανότητα να μετατρέπει ηλεκτροχημικά ερεθίσματα σε μηχανική ενέργεια με στόχο την παραγωγή δύναμης και κίνησης
- ▶ Σύνδεση με τα οστά συνήθως μέσω τενόντων
- ▶ Ιδιαίτερα δομημένος και με υψηλό βαθμό οργάνωσης σχετικά με τους υπόλοιπους ιστούς του σώματος
- ▶ Η παραγωγή δύναμης και κίνησης είναι αποτέλεσμα της συστολής τους και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (μέγεθος του μυός, ταχύτητα συστολής, μήκος ινών που συνθέτουν τον μυ, κτλ...)

Δομή

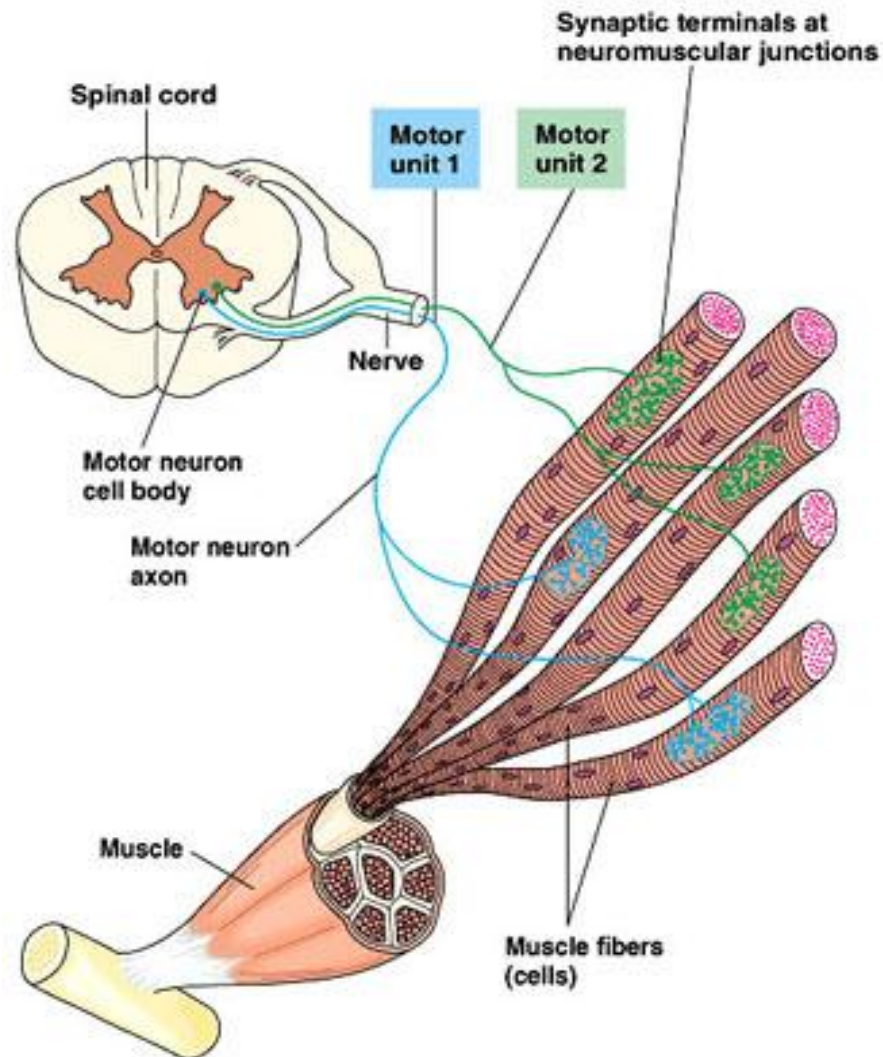


Ο σκελετικός μυς αποτελείται από τις παρακάτω εμφολευμένες δομές:

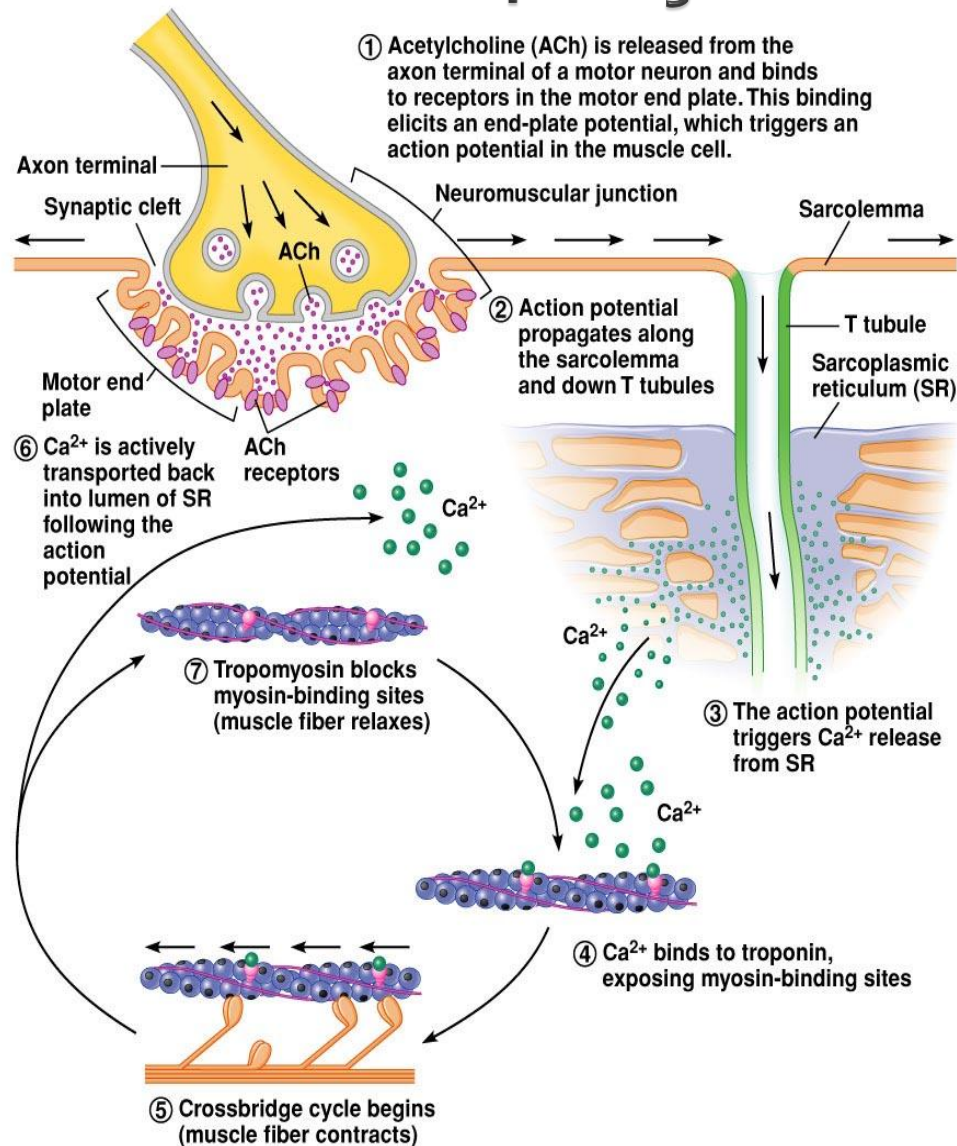
- ▶ Ανθεκτικός ιστός (fascia) και στρώμα συνδετικού ιστού που ονομάζεται επιμύιο
- ▶ Δεσμίδες (fascicle) που περιτριγυρίζονται από το περιμύιο (συνδετικός ιστός που περιέχει κυρίως κολλαγόνο) και αποτελούνται από τις μυϊκές ίνες και το ενδομύιο
- ▶ Οι μυϊκές ίνες (muscle fibers) είναι στην ουσία τα μυϊκά κύτταρα και είναι εκείνες που συστέλλονται και ευθύνονται για την παραγωγή κίνησης και δύναμης
- ▶ Εντός των ινών βρίσκονται το σαρκόπλασμα και τα μυοϊνίδια

Μονάδες κίνησης

- ▶ Οι μυϊκές ίνες συστέλλονται όταν δεχθούν το κατάλληλο ερέθισμα από το νευρικό σύστημα
- ▶ Μια μονάδα κίνησης (motor unit) αποτελείται από τον νευρώνα και τις ίνες τις οποίες αυτός ελέγχει
- ▶ Υπάρχουν πολλές μονάδες κίνησης σε κάθε μυ
- ▶ Οι μυϊκές ίνες με τις οποίες συνδέονται οι νευρώνες μπορούν να διαφέρουν από 5 έως χίλιες
- ▶ Όσο λιγότερες είναι οι ίνες που ελέγχονται από έναν νευρώνα τόσο καλύτερος είναι ο έλεγχός τους



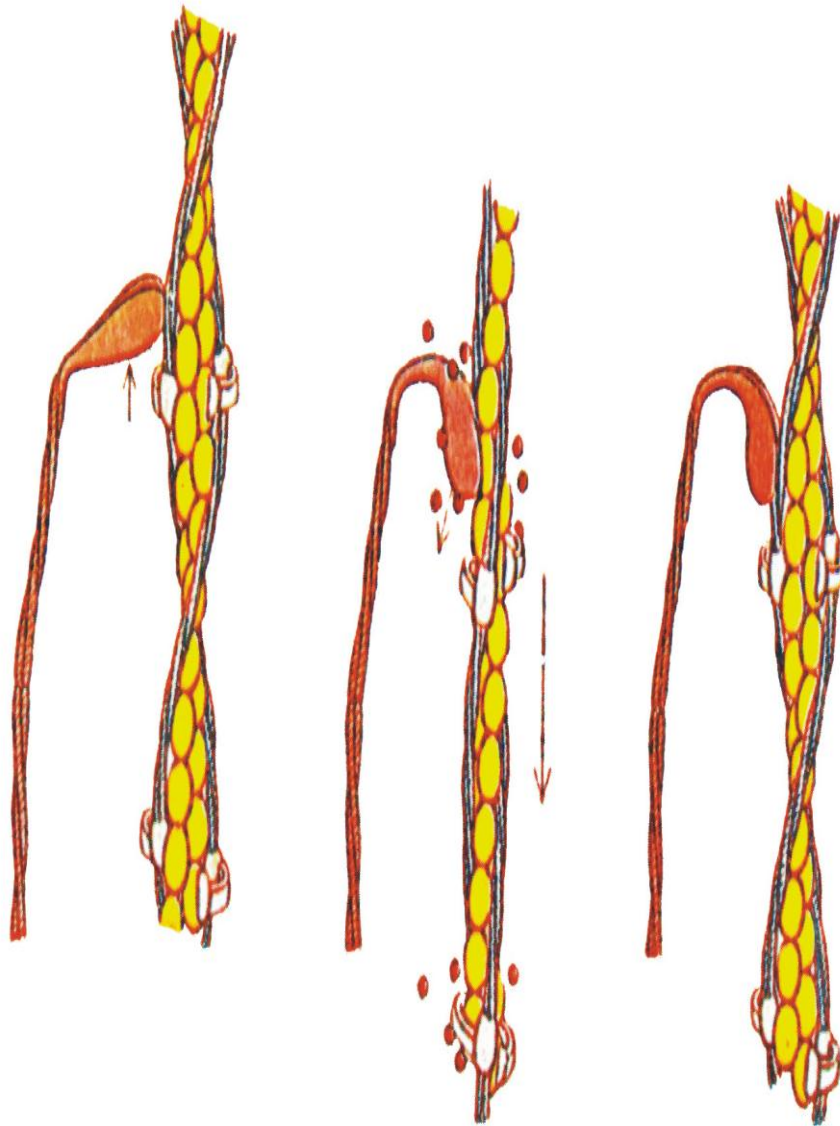
Φάσεις κατά την ενεργοποίηση του σκελετικού μυός



ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ:

1. Μέσω των νευρώνων μεταφέρεται μια ουσία που ονομάζεται ακετυλοχολίνη, η οποία στο τέλος της διαδρομής αντιδρά χημικά με ειδικούς υποδοχείς στην επιφάνεια των μυϊκών ινών
2. Αυτή η αντίδραση έχει ως αποτέλεσμα την ηλεκτρική φόρτιση της μυϊκής ίνας και την αύξηση της ενδοκυτταρικής συγκέντρωσης ιόντων ασβεστίου
3. Στη συνέχεια τα λεπτά μυονημάτια ακτίνης ολισθαίνουν παράλληλα ως προς τα παχιά μυονημάτια της μυοσίνης
4. Σύστολή μυός

Μηχανισμός συστολής σκελετικού μυός

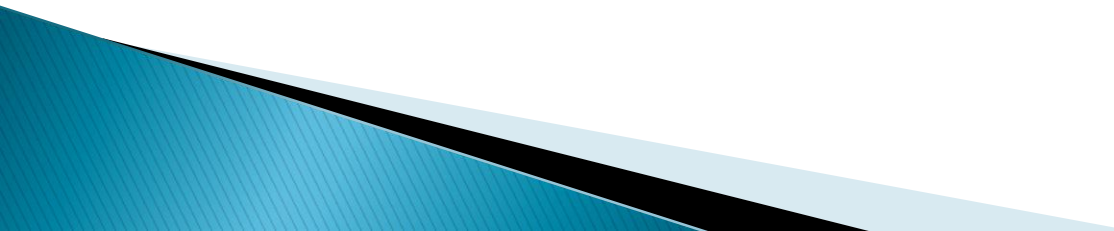


- ▶ Κάμψη της κεφαλής της μυοσίνης
- ▶ Ολίσθηση ακτίνης
- ▶ Συστολή μυός

Τεχνητοί μύες

- ▶ Έντονο ενδιαφέρον για ενσωμάτωση επενεργητών, εμπνευσμένων από τη βιολογία, σε διάφορα τεχνολογικά συστήματα
- ▶ Αντικατάσταση ηλεκτροκινητήρων και υδραυλικών επενεργητών
- ▶ Δεν έχουν τις ίδιες δυνατότητες παραγωγής δύναμης, ροπής και ταχύτητας με υδραυλικούς επενεργητές, ΜΕΚ, κτλ...
- ▶ Μικρότερο βάρος, ευελιξία, λιγότερες απαιτήσεις παροχής ισχύος
- ▶ Ικανοί να παράγουν σχετικά μεγάλες δυνάμεις αναλογικά με το μέγεθος και το βάρος τους → ιδανικοί για μικρές κατασκευές
- ▶ Χαμηλό κόστος

Κατηγορίες

- ▶ Pneumatic artificial muscles (PAMs)
 - ▶ Electroactive polymers (EAPs)
 - ▶ Piezoelectric actuators
 - ▶ Shape memory alloy actuators
 - ▶ Light activated skeletal muscles
- 

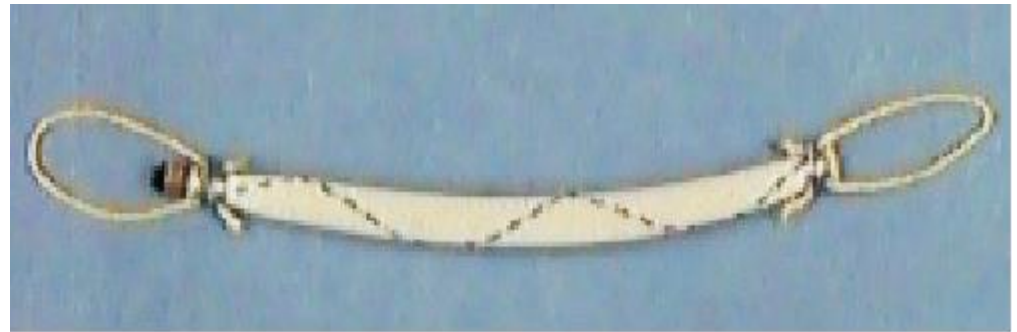
Pneumatic artificial muscles (PAMs)

- ▶ Τι είναι?

Πνευματικοί μύες,
δηλαδή
τεχνητοί μύες, οι
οποίοι
χρησιμοποιούν αέρα,
ώστε
να φουσκώνουν και να
ξεφουσκώνουν

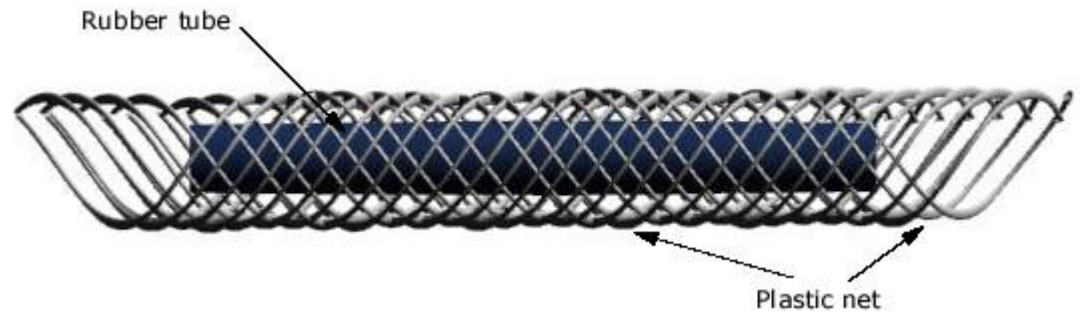
- ▶ Ιστορία:

Εφευρέθηκαν το 1950,
για
χρήση σε τεχνητά άκρα



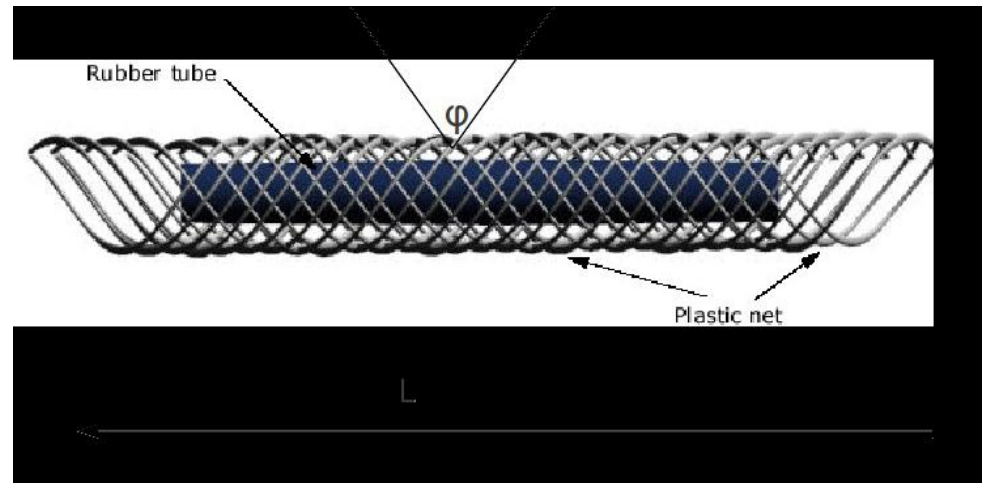
Δομή PAMs

- ▶ Εξωτερικό ναύλον δίχτυ συγκράτησης
- ▶ Εσωτερική ελαστική κύστη, η οποία θα φουσκώνει
- ▶ Βαλβίδα, ροής αέρα, προς και από την κύστη
- ▶ Μεταλλικά δαχτυλίδια συγκράτησης



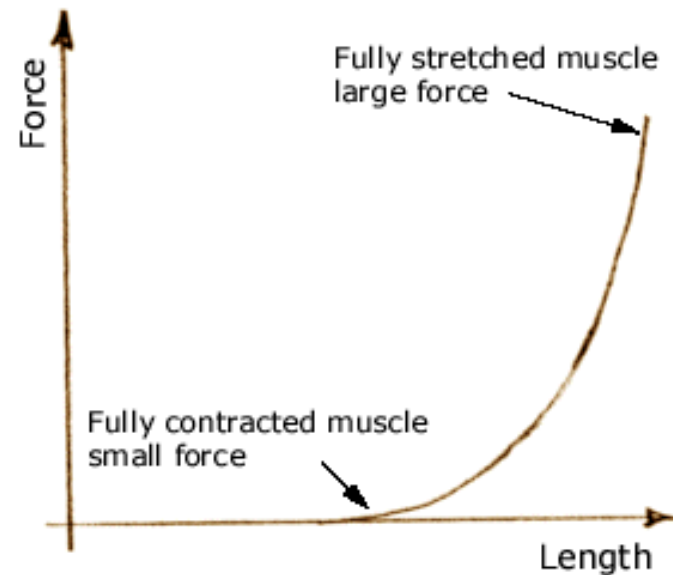
Λειτουργία

- ▶ Όσο διαστέλλεται ακτινικά η κύστη, τόσο μειώνεται το μήκος του μύα. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της ελικοειδούς πλέξης του περιβάλλοντος πλέγματος
- ▶ Δηλαδή, μείωση της γωνίας, μεταξύ των ινών του πλέγματος, συνεπάγεται μείωση του μήκους, του μύα



Τεχνικά χαρακτηριστικά

- ▶ Μέγιστη παραμόρφωση 40% (στην μέγιστη συστολή)
- ▶ Χαμηλές Πιέσεις (~4 bar)
- ▶ Χαμηλά βάρη (πχ 10g– 6mm διάμετρο)
- ▶ Υψηλές δυνάμεις ($F_{max}=70\text{N}$ – 6mm διάμετρο)



Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα:

- ▶ Χαμηλό κόστος
- ▶ Αυτοαποσβενόμενος
- ▶ Εύκολια στην τοποθέτηση
- ▶ Υψηλός λόγος δύναμης-βάρους(~400:1)
- ▶ Εύκολος στον έλεγχο
- ▶ Ομαλή μετάβαση μεταξύ καταστάσεων
- ▶ Μικρή αδράνεια (αέρας)

Μειονεκτήματα:

- Λίγοι κατασκευαστές (μικρή ποικιλία μοντέλων)
- Άγνωστος χρόνος ζωής
- Μικρή ποικιλία σε μεγέθη

Electroactive polymers(EAPs)

- ▶ Τι είναι?

Τεχνητοί μύες, που χρησιμοποιούν ηλεκτρικές ιδιότητες πολυμερών

- ▶ Πως λειτουργούν?

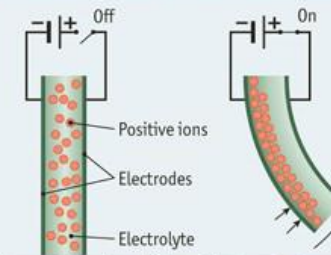
Δύο Τύποι:

- Ionic EAP muscle
- Dielectric EAP muscle

Pumping ions

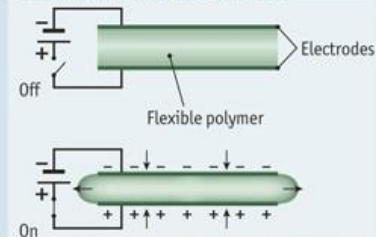
How artificial muscles work

An ionic artificial muscle consists of a permeable polymer membrane, immersed in a positively charged electrolyte and sandwiched between two electrodes. Positive ions can move freely within the membrane, but negative ions cannot.



When a voltage is applied, positive ions in the electrolyte drift towards the negative electrode, carrying electrolytic fluid along with them. The polymer expands at the negative electrode and shrinks at the positive electrode, causing it to move.

In a dielectric artificial muscle, a flexible polymer is sandwiched between two electrodes.



When a voltage is applied, positive charges build up on one electrode, and negative charges on the other. Because unlike charges attract, the electrodes move towards each other, squeezing the polymer and causing it to move.

Sources: Auckland Bioengineering Institute; *The Economist*

Χαρακτηριστικά EAPs

Πλεονεκτήματα:

- ▶ Μεγάλες Παραμορφώσεις (~300%)
- ▶ Μικρές τάσεις (1–2Volt)
- ▶ Υψηλές Δυνάμεις (~40 φορές από έναν αντίστοιχο ανθρώπινο μύη)

Μειονεκτήματα:

- ▶ Μικρός χρόνος ζωής, λόγω διαφυγής ιόντων και υψηλών θερμοκρασιών
- ▶ Σχετικά καινούρια τεχνολογία

Light activated skeletal muscles

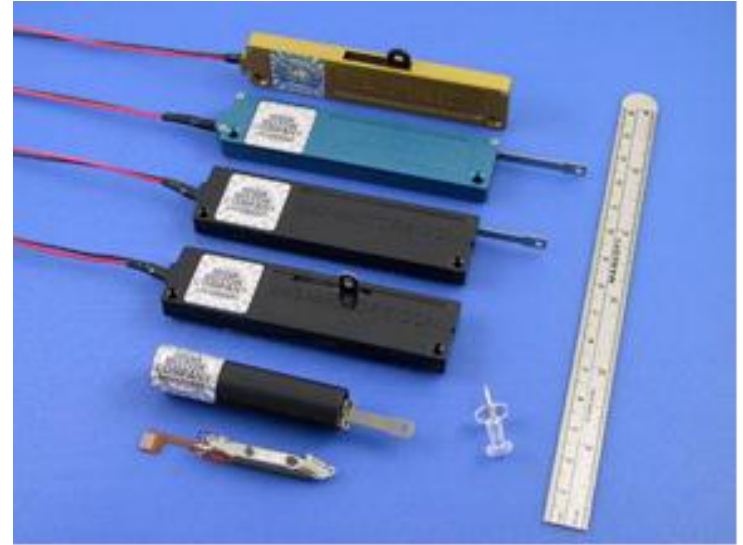
- ▶ Τι είναι?

Είναι μύες, γενετικώς τροποποιημένοι, ώστε να αντιδρούν με παλμούς φωτός και ΟΧΙ με ηλεκτρικούς παλμούς, όπως οι φυσιολογικοί μύες. Η τεχνολογία αναπτύχθηκε στο MIT σε συνεργασία με το Stanford και το PennState

- ▶ Πλεονέκτημα: Πολλά υποσχόμενη τεχνολογία
- ▶ Μειονέκτημα: Πολύ νέα τεχνολογία (5 ετών)

Shape memory alloy actuators

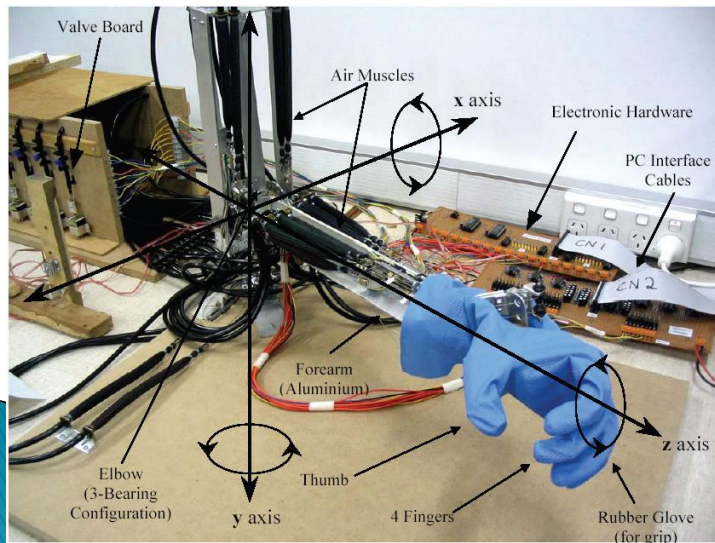
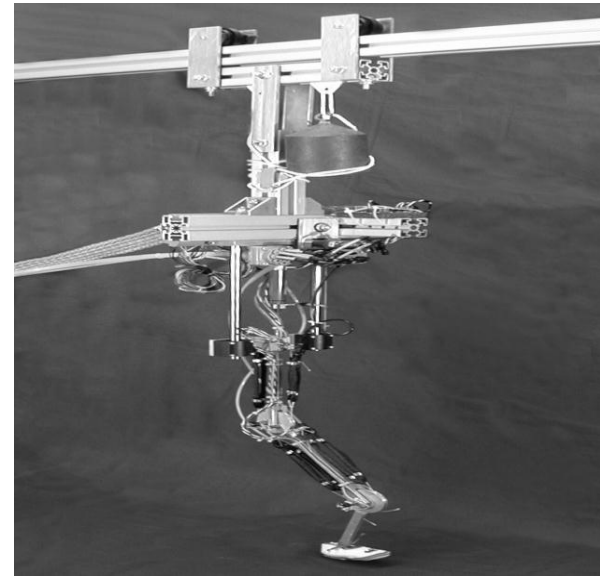
- ▶ Η λειτουργία τους βασίζεται σε μέταλλα που αλλάζουν φάση κατά την πρόσδοση θερμότητας (μέσω ηλ. ρεύματος)
- ▶ Δυνατότητα παραγωγής σταθερής δύναμης καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησής τους



- Χρησιμοποιούνται σε φτερά μικρών εναέριων οχημάτων δίνοντας τη δυνατότητα να αλλάζουν το σχήμα τους ανάλογα με τη ροή του αέρα, κτλ...

Εφαρμογές -1

- ▶ Robotic leg
- ▶ Χρησιμοποιούνται 2 McKibben επεργητές για περιστροφή της κάθε άρθρωσης



- Robotic hand
- Χρησιμοποιούνται πνευματικοί τεχνητοί μύες
- Χαμηλό κόστος

Εφαρμογές -2

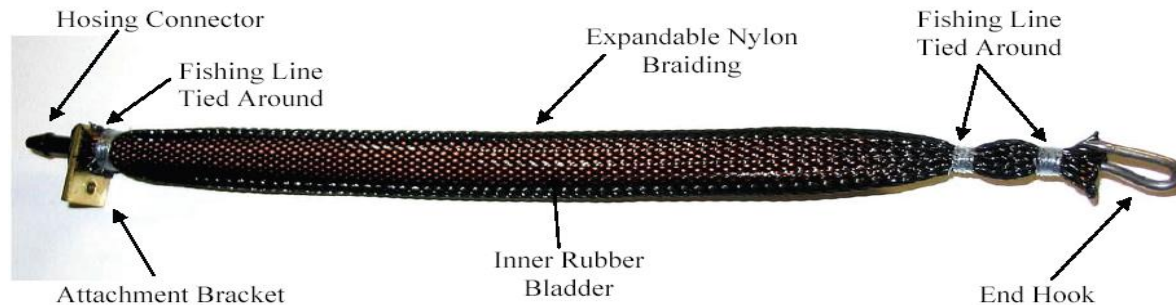
- Προσομοίωση κίνησης βιολογικών οργανισμών μικρού μεγέθους



- Οι τεχνητοί μύες έχουν τη δυνατότητα αντίστροφης λειτουργίας από αυτή που παρουσιάσθηκε
- Αποθήκευση ενέργειας κατά το περπάτημα
- Δυνατότητα φόρτισης κινητού

Διάταξη

Ο τεχνητός μυς που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της διάταξης είναι προϊόν της Shadow robot company.



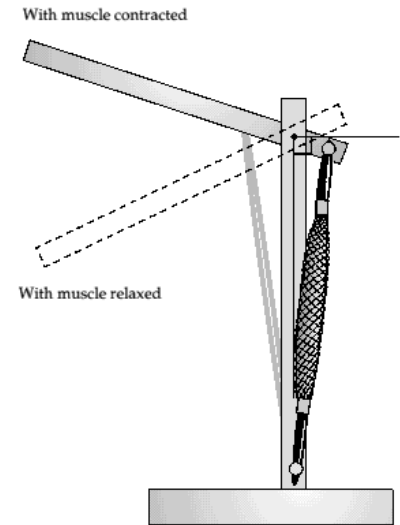
Χαρακτηριστικά *Air muscle*:

- Παραγωγή δύναμης με την εισαγωγή πεπιεσμένου αέρα έως 4 bar
- Δυνατότητα συστολής μέχρι και 37% του αρχικού μήκους
- Η μέγιστη δύναμη επιτυγχάνεται όταν έχει το μέγιστο μήκος
- Μήκος σε πλήρη έκταση: 150 mm
- Αρχική διάμετρος: 6 mm
- Υλικό πλέγματος: nylon

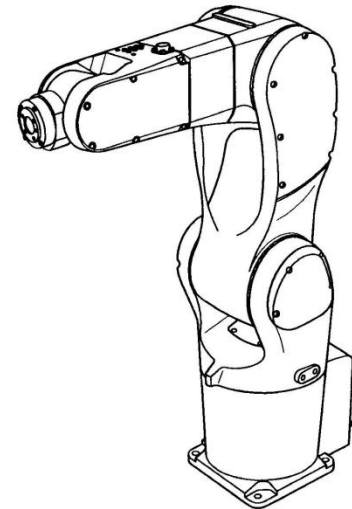
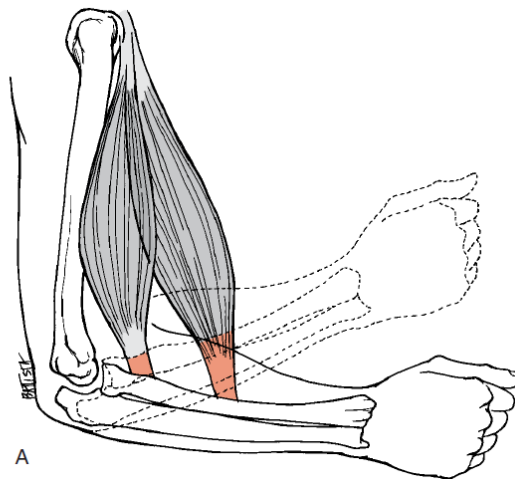
Διάταξη

Η κατασκευή αποτελείται από:

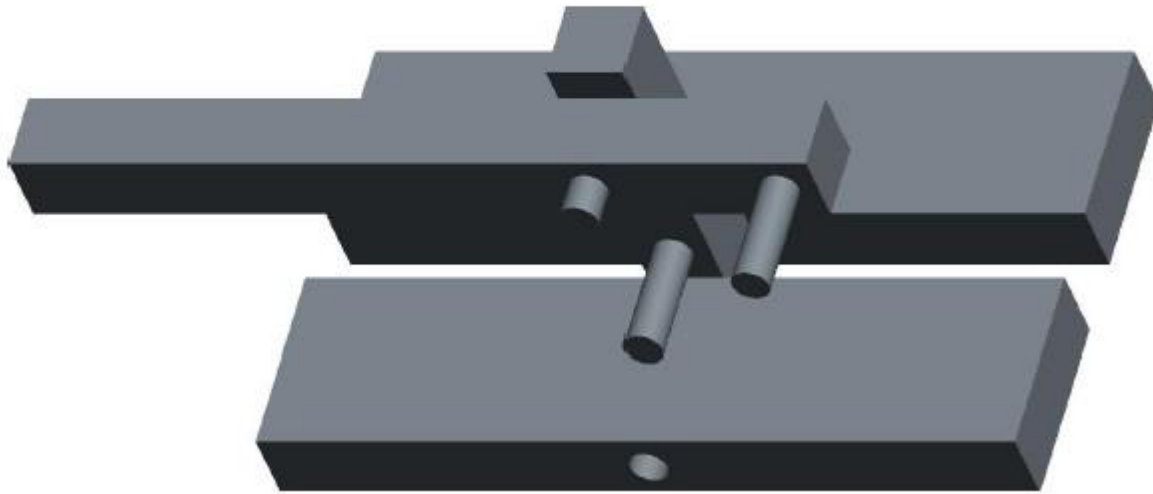
- ▶ Δύο αρθρωμένες ράβδους
- ▶ Μία βάση
- ▶ Τον air muscle κατάλληλα τοποθετημένο



Προσομοίωση →



Μια πρώτη προσπάθεια



Αριθμητικό Μοντέλο

Data(SI)	
Lmax	0.150000
Lmin	0.094500
Lfun	0.112500

Fmax	68.670000
F3,5bar	29.430000

Db	0.010000
V	0.000012

ρ	2800.000000
--------	-------------

A	0.001600
---	----------

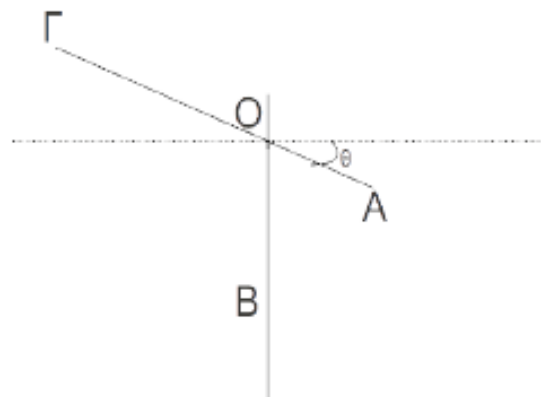
Γραμμική πυκνότητα	1.7400
-----------------------	--------

Geometry	
OG(OA)	0.233000
OB(OA)	0.134205
OA	0.067000

Forces	
W1	3.977170
W2	1.143650

Dynamic Analysis

	THETA	L	COS(PHI)	F	Ελλειμμα Δυναμης
THETAmin	0.000000	0.150000	0.894700	7.090309	22.33969
	0.010000	0.149700	0.892015	7.111652	22.31835
	0.020000	0.149400	0.889323	7.133180	22.29682
	0.030000	0.149100	0.886624	7.154893	22.27511
	0.040000	0.148798	0.883919	7.176791	22.25321
	0.050000	0.148497	0.881208	7.198874	22.23113
	0.060000	0.148195	0.878490	7.221144	22.20886
	0.070000	0.147892	0.875767	7.243600	22.18640
	0.080000	0.147589	0.873038	7.266242	22.16376
	0.090000	0.147286	0.870303	7.289071	22.14093
	0.100000	0.146982	0.867564	7.312087	22.11791
	0.110000	0.146678	0.864820	7.335291	22.09471
	0.120000	0.146374	0.862071	7.358681	22.07132
	0.130000	0.146069	0.859317	7.382259	22.04774
	0.140000	0.145764	0.856560	7.406025	22.02398
	0.150000	0.145459	0.853798	7.429978	22.00002
	0.160000	0.145154	0.851033	7.454119	21.97588
THETAmax	0.170000	0.144848	0.848265	7.478447	21.95155
	0.180000	0.144543	0.845493	7.502962	21.92704
	0.190000	0.144237	0.842719	7.527665	21.90234
	0.200000	0.143932	0.839941	7.552554	21.87745
	0.613812	0.131639	0.726335	8.733851	20.69615



Σχεδιασμός

Περιορισμός:

- ▶ Τα μήκη των ράβδων που χρησιμοποιήθηκαν είχαν μήκος 30cm

Απαίτηση:

- ▶ Ο μυς αποκτά το μέγιστο μήκος του, όταν ο μοχλός, βρίσκεται σε οριζόντια θέση

Συμπέρασμα:

- ▶ $OG = OG(OB)$ και $OA = OA(OB)$
- ▶ Δηλαδή, έχω μόνο μία μεταβλητή σχεδιασμού: OB

Η κατασκευή εν τάχει

